Aurrerapen berriak biologian XIX. mendean

L. Bandres Unanue

Lehenago ikusia dugunez, XIX. mendearen bukaerarako naturazaleek Darwinen lana behin-betikotzat kontsideratzen zuten, hautespen naturalaren bitartez izandako eboluzioa ezarritako printzipiotzat hartzen zen eta. Hurrengo, zehaztasun handiagoa lortzeko enbriologia ikertzea bide oparoentzat ikusten zuten, zeren Meckel eta Haeckel-en hipotesien arabera, enbriologia izaki baten historia bere espeziearen historiaren bidez miniaturan berregitea izango bailitzateke.
Pentsa dezakegunez, salbuespenak egon bazeuden. Alde batetik, De Vries-ek aldaketei buruzko ikerketak egiten zituen eta heredentziaren arloan lortutako ondorioengatik izugarrizko ospea erdietsi zuen. Bestalde, Bateson-ek 1890ean Haeckel-en "legearen" frogak eta beren oinarri logikoak kritikatu eta Darwinen bideetara itzultzea proposatu zuen. Garai hartan pilpilean zeuden espezieen jatorriekiko Darwinen ideiek zenbait oztopo izan zuten. Horietan garrantzitsuenak hauexek ziren Bateson-en hitzetan:

"Lehenengo zailtasuna, forma berriak sortarazten dituzten aldaketen magnitudeari dagokio. Eboluzioari buruzko antzinako izaki guztiengan espezieak sortarazten dituzten aldaketak txikiak direla kontsideratzen da, nahiz eta askotan esplizituki esan ez. Baina txikiak badira, zein alde on edo abantaila ematen diete horiek dituztenei beren kideekiko? Zailtasun hau "aldaketa txikiak edo hasierakoak" izenaren bitartez ezagutzen da.
Bigarren zailtasuna, antzerakoa da. Aldaketa horiek izaten direla kontsideratuz, iraungo eta betikotuko balira, espezie berriak sortaraziko lituzkete. Nola iraunaraz ditzakete? Aldaketa horiek ez ahal dira ezabatuko, izaten dituzten izakiak ez dituztenekin nahasitakoan? Bigarren zailtasun honi "gurutzaketaren emaitza suntsitzailea" deritzogu.

Honi Bateson-ek ondokoa gehitu zion: landareak edo abereak hazten aritzen den edozeinek dakienez, askotan izakiengan normala kontsideratzen denarekiko aldaketa txikiak agertzen badira ere, beste askotan aldaketak handiak dira. Mende bukaerarako gai honi buruz egindako ikerketak aski ziren bapateko mutazioak ez zirela oso noizbehinkakoak eta askotan mutazio horiek beren ondorengoengana pasatzen zirela egiaztatzeko. Horrela, bapateko aldaketa berriak, baina ez espezieak, ager daitezke. Hala ere, aldaketa horien zioa eta kausa ez zen ezagutzen eta agertzen ziren bezala, besterik gabe, hartu behar ziren. Baina urte haietan lan berriak ezagutu ziren; hobeto esan, ahaztuta zeuden lan interesgarri zahar batzuk, hots, Mendelen lanak.
Johann Mendel, Alemaniako Heizendorf-en jaio zen 1822an ne-

kazal familia batean. Oinarrizko ikasketak egin ondoren, agustindarren komentura sartu zen eta hogeita bat urterekin apaiztu, geroago zientziaren munduan ezagutzen zitzaion izena (Gregor, alegia) hartu zuelarik. Zientziaren irakaskuntzan aritu nahi zuelako, ikasketa bereziak egin zituen Vienako unibertsitatean. Gero Brünn-eko Goi Mailako Eskolan hamalau urtean zehar fisika eta natur zientziak erakutsi zituen. Dena dela, bere lan handiena eta ikerketa oparoenak

Brünn-go monastegian bertan egin zituen.

1856ean Mendel bere ikerketak arraza desberdineko ilarrak gurutzatuz hasi zituen bere monastegiko baratzan. Dirudienez hasieran denborapasa edo jolas bezala hartu bazuen ere, laster, emaitzak ikusita, bere nortasuneko ikertzaile-grina piztu zitzaion. Saiakuntzak behin eta berriro eginez eta aldaketak eginez, hibridazioaren lege orokorrak aurkitu zituen. Hori lortu eta gero, zortzi urtean zehar, bakardadean, lortutakoak egiaztatzen buru-belarri aritu zen. Tarte horretan, esaten denez, hamabi mila landare arakatu zituen zehatz-mehatz.

Lan guzti hau "Landare hibridoei buruzko entseiuak" izeneko txostenean bildu zuen; baita Brünn-go Historia Naturaleko Elkarteari azaldu ere 1865ean. Elkarte hura, dirudienez, ez zen goi-mailako horietakoa eta ez zioten eman inongo garrantzirik. Hori ikusita Mendelek bere lana zientzilari batzuei bidali zien (besteak beste, garai hartan oso goi-mailan zegoen Munich-eko botanikako katedradun zen Von Nágeli-ri), baina harengandik kortesiako erantzun bat baino ez zuen jaso, agian fraide botanikazale baten denborapasako jolas baten ondoriotzat hartu zuelako edo.

Izandako harrera txarra zela eta, bere lanak onesteko zegoen zailtasuna ikusiz, Mendelek bere zientzi zaletasuna pixkanaka-pixkanaka galdu egin zuen. 1868an prelatu izendatu zuten, eta kargu hark elizbarrutian sortu zizkion lanak zirela eta, zientziari emandako indarrak beste ildo honetatik bideratu zituen. Horregatik, bere heriotzararte (1884eko urtarrilaren 6rarte, hain zuzen). Elizako zereginetan murgildu zen buru-belarri.

Aipatu "Landare hibridoei buruzko entseiuak" izeneko txostenean gaur egungo genetikaren oinarri diren eta Mendelen izena daramaten legeen adierazpena dago. Lanaren sarreran bertan, Mendelek hibridoen ikerketetan berak baino lehen aritutako zientzilarien lanak gogoratu ondoren, arazoa zertan den eta nola landuko duen adierazi zuen.

Bere lan honetan oinarrizko bi legeak agertzen dira: lehenengoa karaktereen *disfuntzioarena* da (hau lehenago ere ezaguna zen), eta bigarrena, esandako karaktereen *independentziarena*. Mendelen ikerketa ilar bat (*Pisum sativum* izenekoa, alegia), arakatuz hasi zen. Hazi leun (L) eta hazi zimurreko (Z) ilarren arteko gurutzaketa aztertu zuen. Lehenengo belaunaldian (F1 deitutakoan, hain zuzen), hazi leunak baino ez dira agertzen. Baina azkeneko hauek elkarrekin gurutzatzen badira, bigarren belaunaldian (F2) L motako % 75 ilar eta Z motatako % 25 agertzen dira. F1 hibridoan Z karakterea (azpirakorra) ezkutatuta zegoen eta L karakterea (nagusia) baino ez zen agertzen; baina F2 hibridoan berriro ere Z agertuko da.

Mendelen legeen bitartez hau ongi adieraz daiteke. F1 hibridoa, LZ motakoa da eta bertan L eta Z gametoen kopuruak berdinak dira. Horregatik hibrido hauek gurutzatu ondoren F2 hibridoan ondoko lau motetako hibridoak izango ditugu: LL, LZ, LZ eta ZZ. Hauetan, LLkoak leunak izango dira. Baita LZkoak ere, zeren L karakterea nagusia baita Zrekiko, baina ZZkoak zimurrak izango dira. Beraz, lehen esandako proportzioak izango dira % 75 leun eta % 25 zimur.

Mendelek karaktere bat baino gehiago zeuzkaten ilarrak ere erabili zituen: haziak leunak eta horiak alde batetik eta zimurrak eta berdeak bestetik, esaterako. Kasu honetan lau gameto-mota zeuden: leuna-horia, zimurra--horia, leuna-berdea eta zimurra--berdea eta, beraz, hamasei konbinazio 9, 3, 3, 1 proportzioetan, leuna eta horia karaktere nagusi

eta berdea eta zimurra azpikor izanik.

Mendelek lortutako emaitzak zirela eta, herentziako karaktereak bana zitezkeen elementuekin erlazionatuta zeudela ikusten zen, eta beraz, herentziaren ondarean eten bat bazegoela adierazten zen.

Mendelengan genetika modernoko elementu guztiak agertzen dira: hibridazioaren legeak eta beren erabilpenak. Mendelen kontzeptuazioa guztiz zehatza izan zen. Ez askotan hasierako lanetan gertatzen den bezala intuizio lainotsu bat; zerbait heldua eta umotua baizik. Terminologia alde batera utzirik, Mendelen lana gaur egun idatzikotzat har daiteke. Beraz, Mendel herentziaren zientziaren arloan ezin da aitzindaritzat kontsideratu; zientzia horren sortzailetzat, baizik.

Lehen esan dugunez lan eskerga guzti hau bazterrean gelditu zen eta fraide hark, izugarrizko pazientziarekin, hogeita hamabost urte ixilpean, hots, hil arte, bere lorpen guztiak utzi behar izan zituen. 1900. urtean, De Vries, Correns eta Tscherma-k deskubritu, baieztatu eta zabaldu egin zituzten Mendelen lanak,

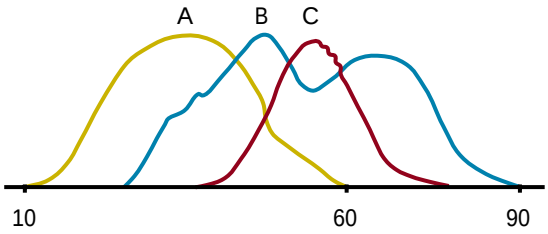
Gaur egungo fisikaren munduan onartzen den joera dela eta, koalitate biologikoak, nolabait esateko, probabilitatearen legepean dauden unitate atomikoen bidez adieraztea oso egokia da. Atomo edo elektroi konkretu baten higidura aldez aurretik esan ezin bada, beste horrenbeste gertatzen zaigu organismo berezi batean zein herentzi mota agertuko denarekin; baina, kasu batean zein bestean probabilitateak kalkula ditzakegu eta oso kopuru handia hartuz gero, guk aurrez esanak beteko direlako segurantza izan dezakegu.

Ikusi dugunez, herentziaren ikerketan karaktereen berezitasuna eduki behar da kontuan, hau da, nagusi ala azpirakor diren. Batek bere ondorengoei transmiti diezaieke karaktere nagusia, baldin eta berak argi eta garbi badauzka. Aldiz, zenbait kasutan ondorengo batengan aldez aurretik ezer ohartu gabe karaktere azpirakorren bat ager daiteke. Beren zeluletan karaktere azpirakorra (nahiz eta agertu ez) daramaten bi izakik elkar ernaltzen badute, beren ondorengoen % 25etan agertuko da esandako karaktere azpirakor hori argi eta garbi.

Dena dela, kasu gehienetan herentziako arazoak bi karakterekoekin ikusitakoa baino askoz korapilatsuagoak izaten dira. Gainera, koalitate batzuk nagusi ala azpirakor sexuaren arabera izan daitezke. Bestetan karaktereak binaka ere agertzen dira, hots, bata ez da agertzen bestea ere agertzen ez bada, eta alderantziz. Beste zenbait kasutan elkartezinak dira eta sekula ez dira batera agertuko.

Karaktere mendeldar asko identifikatu dira landare zein animaliengan; eta metodo hau erabili izan da arrazak hobetzeko, zenbait berezitasun areagotzeko eta beste zenbait baztertzeko. Beraz, teknika hauen bitartez haztamukako metodoak alboratu egin ziren, metodo zientifikoei lekua utziz. Esaterako, Biffen-ek oso gari-mota aberatsa lortu zuen, bertan, eta Mendelen legeetan oinarritutako saiakuntza-andana luze bat egin ondoren, lizunaren kontrako inmunitatea, emankortasun handia eta beste zenbait

berezitasun positibo agertzen zirelarik.
Mendelen lanak aurkitu zirenerako zelularen egitura ezagutzen zen eta zelula bakoitzaren nukleoaren barnean hari-itxurako gorputz batzuk, kromosoma deitutakoak, daudela ikusia zuten. Bi ernal-zelula elkarbatuta (kasu errazena da eta) ernaldutako obuluan kromosomen kopurua bi aldiz handiagoa da; klase bakoitzeko bi, guraso bakoitzaren bana. Obulua zatikatzean kromosoma bakoitza ere zatikatzen da, parte bakoitza seme-zelula bakoitzari pasatuz. Horrela, zelula berri bakoitzak hasierako kromosoma bakoitzetik kromosoma bat jasotzen du. Beste horrenbeste gertatzen da hurrengo zatiketa bakoitzarekin. Ondorioz, landare eta animaliaren zelula bakoitzak kromosoma-serie bikoitza dauka; guraso bakoitzarengandik etorritakoak.
Hasieran ernal-zelulek ere kromosoma-serie bikoitza daukate, baina azkeneko transformazioan, hau da, espermatozooak eta obuluak bat egitean, binaka batzen dira. Orduan zatiketa-mota desberdina egiten da: kromosomak berak zatitu beharrean bikote bakoitzekoak banatu egiten dira eta bakoitza seme-zeluletara iragaten da. Horrela, ernal-zelula helduak kromosoma-bikote bakoitzetik bata edo bestea jasotzen du.
XIX. mendearen bukaeran eta XX.aren hasieran aditu batzuk Mendelen herentziarekiko ondorioen eta fenomeno zelularren arteko kidetasunaz ohartu ziren. Baina formulazio zientifikoa eman zaiona Sutton izan zen. Suttonek honakoa ikusi zuen: kromosomak herentzi faktore bezala banaketa izaten dutela eta kasu bakoitzean faktore-pare desberdinak eta kromosomak beste parearekiko independenteki banatzen direla. Baina, kromosoma-pareekin alderatuz herentzi faktoreen kopurua oso handia denez gero, faktore desberdin batzuk kromosoma berean konbinatuta egotea eta, beraz, batuta agertzea guztiz normala da.
1910etik aurrera Morgan eta bere kideek erlazio hauek sakonkiago aztertu zituzten. Herentziako koalitate-taldeen kopuruaren eta kromosoma-pareen kopuruaren arteko erlazio numerikoa aurkitu zuten. Kopuru hori ilarrarentzat zazpi da, gariarentzat zortzi, arratoiarentzat hogei eta gizakumearentzat hogeita hamahiru. Horregatik, nahiz kromosoma-pareen kopurua oso handia izan ez, ernal-zelulen mota posibleak oso ugari dira (milioitik gora) eta horietako bi serieren konbinazio posibleak askoz gehiago dira. Hori dela eta, erraz ulertzen da nahiz eta arraza berekoak izan bi izaki guztiz berdin zergatik ez diren sortzen.
Herentziaren ikerketa Mendelen ildotik zihoan bitartean, beste ikerketa-mota bat ere garatu zen; estatistikaren bidea, alegia. Horretarako kopuru handiak hartu behar ziren kontutan eta giza aldaketetara probabilitatearen teoria eta, honekin batera, errakuntzaren marjina estatistikoa egokitu ziren.
Errakuntzaren kurba normala lortzeko oso elementu-kopuru handiak erabili behar dira, baina De Vries-ek teoria hau herentziaren esparruan erabiltzean ager daitezkeen arriskuak argitu egin zituen.



Goiko irudian hiru fruta-moten luzeren aldaketak agertzen dira. Luzerak lerro horizontalean ematen diren bitartean, bertikalean luzera finko batez elementuen kopurua markatzen da. A eta C kurbek normalarekin oso antz handia daukate eta bilduma horietako bakoitzean batezbesteko luzera bat badago argi eta garbi. Aldiz, B kurban gutxienez bi azpitalde badaudela edo, ikus dezakegu. Hiru frutak batera hartu izan bagenitu, hiru kurba izan beharrean bat baino ez genuke izango eta honek normalaren itxura izango luke. Beraz, askotan datuak hutsik hartuz ez dago hartutako elementu guztiak mota berekoak diren ala azpitalde desberdinetakoak diren jakiterik.
Ikerlari batzuek elementu hutsen jokaera aztertu zuten. Talde huts bat osatzeko elementu bakar batetik abiatzen ziren (baberrun

58. orrialdean du segida.

33. orrialdetik dator.

batetik, esaterako), eta autoernalkuntzaren bitartez ondorengoak lortu. Elementu huts hauek zituzten aldaketak errakuntzaren legearekin bat zetozen. Baina aldaketa horiek ez ziren herentziaren bitartez pasatzen, hau da, lortutako talde horretako elementu handienak hartuz bere ondorengoak ez ziren handiagoak; baizik eta taldeko tamaina normalera jotzen zuten.

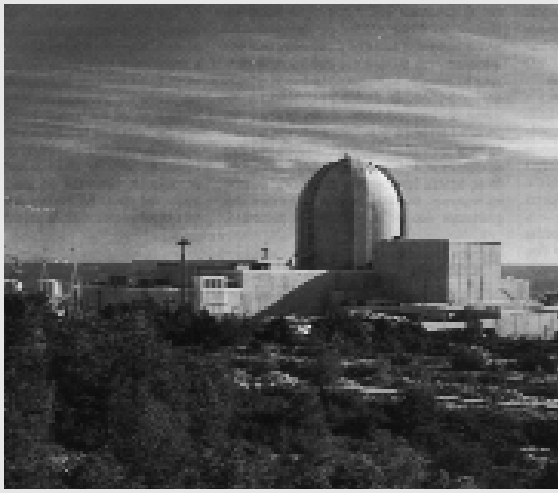
Esandako elementu hutsen ikerketa alde batera utzirik, edozein arraza naturaletan antzina-antzinako karaktereen nahasketa dela eta, aldaketak agertzen dira eta antzinatik datozen aldaketa hauek transmititu egiten dira gurasoengandik seme-alabengana. Berezitasun bat transmititzeko bi gurasoek aukeratuz gero, semeengan berezitasun hori lortzeko probabilitate handiagoa egon badago. Adibidez, gizakiengan ikertzeko altuera hartzen badugu, gurasoak luzeak badira, hau da, populazioaren batezbestekoa baino luzeagoak, seme-alabek horrela izateko joera izango dute. Baina Vilmorin jaunaren ikerketak zirela eta, (ikerketa hauek bere garaian Mendelenak bezala ohargabean pasatu ziren) landareen hazkuntzan emaitza onenak ez dira guraso gisa elementu berezi batzuk aukeratuz lortzen; baizik eta batezbesteko errendimendu oneko elementuak aukeratuz.

Denbora luzez biometristek eta mendelzaleek eztabaida gogorrak izan zituzten. Orain herentzia behar bezala ikertzeko bi bideak osagarritzat hartzen dira eta, beraz, biak hartu behar dira kontutan.

Hil ala biziko dilema

"Dilema nuklearra" izenekoa atera zen *nire lumatik* otsaileko zenbakian. Bertan, populazio-emendioaren abiada eta berotegi-efektuaren gorakada direla-eta luzaro barik gauzatuko den errealitatea zertzelatu guran-edo, energia nuklearraren beharrizan badaezpadakoaz aritu nintzen; ahalik eta modu aseptikoenean aritu ere. Ate-joka dugun arazoaren handia nabarmendu nahi nuen, ez beste. Dena den, dirudienez ez da kontua horrela ulertu, ze, apirileko *irakurlearen leihoak* erantzi bi opetsi zizkidan, nirearen nahikoa kontrakoak izan ere.

Bietariko lehenengoan, Edorta Mtz. de Marigorta lagunak, "idazleak aukera nuklearraren alde egiten du apostua", "energia nuklearraren garbitasuna aldarrikatzen du", "argudio faltsuak" erabili ditudala eta antzerakoak dinostaz hasteko, horren ostetik makina bat datu eta estimazio erakutsiz. Erantzuteko dudan tokia murritza denez ezin naiteke azalpenetan larregi luzatu, baina bai argitu nahi nukeela ez nuela energia nuklearraren aldeko panegirikorik idatzi (izan ere, berorrek dituen arriskuak eta hondakinen problematika aipatuta utzi nituen); hori barik, baztertu ezineko problema baten planteamendua zirriborratzea nahi nuen. Hortaz, Edortaren tonua aldez aurretik hartutako jarrera oso konkretu baten (energia nuklearraren kontrakoa, alegia) ondoriotzat jo dut, eta ez horrenbeste nire idazkera patal samarraren emaitza modura.

Edozelan ere, ingurugiro-problematikaz mintzo garelarik, badago beste hurbilketa posible bat, zenbakiez gainera. Ikus dezagun. Momentu honetan inguruneak hiru mailako erasoak jasaten ditu. Batetik, eraso lokalak aipatuko ditugu, kaltetutako gunea lurralde erlatiboki txikia deneko kasuetan. Horrelakoak dira, esate baterako, ibaietara egindako isurketa toxikoak. Hurrengo mailan eraso erregionalak daude, berauek gune zabalagoak ukitzen dituztelarik. Adibide bat ipintzearren, euri azidoarena ekarriko dugu hona: Europako lurralde zabalak daude fenomeno kaltegarri horren eraginpean. Hirugarren tokian eraso globalak ditugu; berauen kasuan ingurune-erasoak planeta osoa "besarkatzen" du. Maila globalekoak dira, jakina, ozono-zuloak edota berotegi-efektua. Esan gabe doa, azaldutako eraso guztiak dira kaltegarri, ingurune naturalaren hondamendia baitakarte, baina, argi dago ondorioak magnitude desberdinetakoak direna, eta beraz, dagozkien neurri zuzentzaileak ere bai.

Nire ustez, arin batean diseinatuko marko horren barruan kokatu beharko genuke eztabaida. Hondakin nuklearren arazoa edo Txernobilgo tragedia, botoi bi